

Wymagania edukacyjne dla uczniów klas 3 liceum ogólnokształcącego na poziomie podstawowym (Nowa Era)

Termodynamika	
1. Cząsteczki i energia	wyjaśnia, czym zajmuje się termodynamika; porównuje właściwości substancji w różnych stanach skupienia, wynikające z ich budowy mikroskopowej; analizuje jakościowo związek między temperaturą a średnią energią kinetyczną cząsteczek
	wykonuje doświadczenia, korzystając z ich opisów: ilustruje model zjawiska dyfuzji, bada jakościowo szybkość topnienia lodu; opisuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji; formułuje wnioski
	opisuje zjawisko dyfuzji jako skutek chaotycznego ruchu cząsteczek, wskazuje przykłady tego zjawiska w otaczającej rzeczywistości; (opisuje i wyjaśnia mechanizm zjawiska dyfuzji w ciałach stałych)
	(informuje, że energię układu można zmienić, wykonując nad nim pracę lub przekazując mu energię w postaci ciepła); odróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach od przekazu energii w formie pracy
	posługuje się pojęciem <i>energii wewnętrznej</i> ; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych dotyczących energii wewnętrznej i zjawiska dyfuzji
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące energii wewnętrznej i zjawiska dyfuzji; uzasadnia odpowiedzi
2. Rozszerzalność cieplna	opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy; wskazuje odpowiednie przykłady tego zjawiska w otaczającej rzeczywistości
	wykonuje doświadczenia, korzystając z ich opisów: demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał stałych (bada rozszerzalność cieplną cieczy i powietrza); opisuje wyniki obserwacji; formułuje wnioski
	omawia znaczenie rozszerzalności cieplnej ciał stałych; wskazuje przykłady wykorzystywania rozszerzalności objętościowej gazów i cieczy oraz jej skutków (analizuje na przykładach rozszerzalność cieplną gazu)
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych lub z Internetu, które dotyczą zjawiska rozszerzalności cieplnej i jego wykorzystywania
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące rozszerzalności cieplnej; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
3. Ciepło właściwe	posługuje się pojęciem <i>ciepła właściwego</i> wraz z jego jednostką (interpretuje to pojęcie oraz stosuje je do obliczeń i wyjaśniania zjawisk); porównuje ciepło właściwe różnych substancji
	wykorzystuje pojęcie <i>ciepła właściwego</i> do obliczania energii potrzebnej do ogrzania ciała lub oddanej przez stygnące ciało; uzasadnia równość tych energii na podstawie zasady zachowania energii

	<p>przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu – wyznacza sprawność czajnika elektrycznego o znanej mocy, termometru, cylindra miarowego; analizuje wyniki pomiarów, oblicza sprawność czajnika</p>
	<p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych dotyczących historii poglądów na naturę ciepła</p>
	<p>rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy z wykorzystaniem pojęcia <i>ciepła właściwego</i>; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem (posługuje się skalami temperatur: Celsjusza i Kelvina oraz pojęciem <i>mocy</i>); ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi</p>
4. Przemiany fazowe	<p>rozdziela i nazywa zmiany stanów skupienia; analizuje i opisuje zjawiska: topnienia, krzepnięcia, wrzenia, skraplania, sublimacji i resublimacji jako procesy, w których dostarczanie energii w postaci ciepła nie powoduje zmiany temperatury; wskazuje (i opisuje) przykłady przemian fazowych w otaczającej rzeczywistości</p>
	<p>przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: bada proces topnienia lodu, obserwuje szybkość wydzielania gazu, wykazuje zależność temperatury wrzenia od ciśnienia zewnętrznego; opisuje, analizuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji; formułuje wnioski</p>
	<p>odróżnia ciała o budowie krystalicznej od ciał bezpostaciowych; ilustruje na schematycznych rysunkach zależność temperatury od dostarczanego ciepła dla ciał krystalicznych i bezpostaciowych (⁰opisuje zależność temperatury wrzenia od ciśnienia zewnętrznego)</p>
	<p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, dotyczącymi przemian fazowych</p>
	<p>rozwiązuje (proste) typowe zadania związane z przemianami fazowymi; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi lub stwierdzenia</p>
5. Ciepło topnienia i ciepło parowania	<p>posługuje się pojęciem <i>ciepła przemiany fazowej – ciepła topnienia i ciepła parowania</i> – wraz z jednostką, interpretuje to pojęcie i stosuje je do obliczeń (oraz wyjaśniania zjawisk)</p>
	<p>informuje, że topnienie i parowanie wymagają dostarczenia energii, natomiast podczas krzepnięcia i skraplania energia się wydzielają (opisuje i wyjaśnia zmiany energii wewnętrznej podczas przemian fazowych na podstawie mikroskopowej budowy ciał)</p>
	<p>przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu – bada wpływ soli na topnienie lodu; opisuje (i wyjaśnia) zaobserwowane zjawisko</p>
	<p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, które dotyczą przemian fazowych; wskazuje przykłady wykorzystania przemian fazowych (⁰opisuje działanie lodówki)</p>
	<p>rozwiązuje (proste) typowe zadania związane z wykorzystywaniem ciepła przemiany fazowej; przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem, ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi</p>
6. Bilans cieplny	<p>analizuje i wyznacza energię przekazaną podczas zmiany temperatury i zmiany stanu skupienia</p>
	<p>wyjaśnia, na czym polega bilans cieplny, analizuje go jako zasadę zachowania energii i stosuje go do obliczeń (oraz wyjaśniania zjawisk)</p>

	wykorzystuje pojęcia <i>ciepła właściwego</i> oraz <i>ciepła przemiany fazowej</i> w analizie bilansu cieplnego
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy z wykorzystaniem bilansu cieplnego; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
7. Wyznaczanie ciepła właściwego	doświadczalnie wyznacza ciepło właściwe metalu, posługując się bilansem cieplnym; zapisuje wyniki pomiarów wraz ich jednostką, z uwzględnieniem informacji o niepewności; analizuje i opracowuje wyniki pomiarów (ocenia wynik doświadczenia z uwzględnieniem niepewności pomiarowych), wskazuje ich przyczyny (planuje i modyfikuje przebieg doświadczenia, formułuje hipotezę)
8. Wartość energetyczna	posługuje się pojęciem <i>wartości energetycznej paliw</i> , podaje jej jednostkę dla paliw: stałych, gazowych i płynnych;
	posługuje się pojęciem <i>wartości energetycznej żywności</i> wraz z jej jednostką, stosuje to pojęcie do obliczeń (porównuje wartości energetyczne wybranych pokarmów)
	informuje, od czego zależy zapotrzebowanie energetyczne człowieka (odróżnia wartość energetyczną od wartości odżywczej)
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące wartości energetycznej paliw i żywności; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
9. Niezwykłe właściwości wody	wymienia (i omawia) szczególne własności wody oraz ich konsekwencje dla życia na Ziemi, wskazuje odpowiednie przykłady w otaczającej rzeczywistości (uzasadnia, że woda łagodzi klimat)
	opisuje nietypową rozszerzalność cieplną wody (szkicuje wykres zależności objętości i/lub gęstości danej masy wody od temperatury)
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z Internetu, dotyczącymi szczególnych właściwości wody
	rozwiązuje (proste) typowe zadania dotyczące właściwości wody; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi i/lub stwierdzenia
Ruch drgający i fale mechaniczne	
10. Prawo Hooke'a	posługuje się pojęciem <i>siły ciężkości</i> , stosuje do obliczeń związek między tą siłą i masą; rozpoznaje i nazywa <i>siłę sprężystości</i>
	przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu – bada rozciąganie sprężyny; analizuje i opracowuje wyniki pomiarów, sporządza wykres zależności wydłużenia sprężyny od siły ciężkości (z uwzględnieniem niepewności pomiaru), formułuje wniosek (interpretuje nachylenie prostej; wyznacza współczynnik sprężystości)
	podaje i omawia prawo Hooke'a, wskazuje jego ograniczenia; stosuje prawo Hooke'a do obliczeń (i wyjaśniania zjawisk)

	opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia sprężyny; posługuje się pojęciem <i>współczynnika sprężystości</i> i jego jednostką, interpretuje ten współczynnik; stosuje wzór na siłę sprężystości do obliczeń
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, które dotyczą osiągnięć Roberta Hooke’a
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy z wykorzystaniem prawa Hooke’a; wykonuje obliczenia; ustala i uzasadnia odpowiedzi
11. Opis ruchu drgającego	opisuje ruch drgający jako ruch okresowy; podaje przykłady takiego ruchu; wskazuje położenie równowagi i amplitudę drgań
	analizuje ruch drgający pod wpływem siły sprężystości, posługując się pojęciami : <i>wychylenia</i> , <i>amplitudy</i> oraz <i>okresu drgań</i> (rysuje i opisuje siły działające na ciężarek na sprężynie; wyznacza amplitudę i okres drgań na podstawie przedstawionego wykresu zależności położenia od czasu)
	przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu – tworzy wykres zależności $x(t)$ w ruchu drgającym ciężarka za pomocą programu Tracker (planuje i modyfikuje jego przebieg), wyznacza okres drgań
	opisuje i analizuje ruch wahadła matematycznego; ilustruje graficznie siły działające na wahadło, wyznacza siłę wypadkową
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych dotyczących ruchu drgającego (np. ruchu wahadła Foucaulta)
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z opisem ruchu drgającego; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; szkicuje wykres $x(t)$; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
12. Wahadło sprężynowe	analizuje, opisuje i rysuje siły działające na ciężarek drgający na sprężynie, zwany też wahadłem sprężynowym; (wyznacza i rysuje siłę wypadkową działającą na ciężarek w różnych jego położeniach))
	posługuje się pojęciami <i>energii: kinetycznej, potencjalnej grawitacji</i> i <i>potencjalnej sprężystości</i> ; analizuje jakościowo przemiany energii w ruchu drgającym (wykorzystuje zasadę zachowania energii do opisu tych przemian; interpretuje podany wzór na energię sprężystości)
	opisuje zmiany prędkości i przyspieszenia drgającego ciężarka w wahadle sprężynowym
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z analizą ruchu oraz przemian energii w ruchu drgającym; przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem; ustala i uzasadnia odpowiedzi

13. Badanie wahadła sprężynowego	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: demonstruje niezależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od amplitudy, bada zależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od jego masy i od współczynnika sprężystości (bada zależność okresu drgań wahadła matematycznego od jego długości, planuje i modyfikuje jego przebieg, formułuje i weryfikuje hipotezy); przedstawia, analizuje i wyjaśnia wyniki pomiarów z uwzględnieniem informacji o niepewności, formułuje wnioski
	opisuje jakościowo zależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od jego masy i współczynnika sprężystości; interpretuje podane wzory na okres drgań ciężarka o masie m na sprężynie i wahadła matematycznego
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą ruchu wahadeł
	rozwiązuje (proste) typowe zadania związane z okresem drgań wahadła sprężynowego; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
14. Drgania wymuszone i tłumione. Rezonans	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego; bada drgania tłumione; opisuje, analizuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski
	opisuje drgania wymuszone i drgania słabo tłumione; ilustruje zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach; porównuje zależność $x(t)$ dla drgań tłumionych i nietłumionych oraz w przypadku rezonansu (szkicuje wykresy tej zależności)
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą zjawiska rezonansu; wskazuje przykłady wykorzystywania zjawiska rezonansu i jego negatywnych skutków
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące drgań wymuszonych i tłumionych; wykonuje obliczenia; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
15. Fale mechaniczne	opisuje rozchodzenie się fali mechanicznej jako proces przekazywania energii bez przenoszenia materii; posługuje się pojęciem <i>prędkości fali</i> (opisuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody na podstawie obrazu powierzchni falowych); wskazuje impuls falowy
	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: (obserwuje fale na wodzie) oraz fale w układzie ciężarków i sprężyn; opisuje, ilustruje na schematycznym rysunku i wyjaśnia wyniki obserwacji, formułuje wnioski
	posługuje się pojęciami <i>amplitudy</i> , <i>okresu</i> , <i>częstotliwości</i> i <i>długości fali</i> wraz z ich jednostkami do opisu fal (stosuje do obliczeń związku między prędkością, długością, okresem i częstotliwością fali)
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące fal mechanicznych; wykonuje obliczenia; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi

16. Fale dźwiękowe	opisuje mechanizm powstawania i rozchodzenia się fal dźwiękowych w powietrzu; podaje przykłady źródeł dźwięków (opisuje rozchodzenie się dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych)
	rozdziela fale poprzeczne i fale podłużne; wskazuje ich przykłady
	opisuje jakościowo związek między wysokością dźwięku a częstotliwością fali i między głośnością dźwięku a amplitudą fali; omawia (i wyjaśnia) zależność prędkości dźwięku od rodzaju ośrodka i temperatury (uzasadnia, że podczas przejścia fali do innego ośrodka nie zmienia się jej częstotliwość; analizuje wykres zależności gęstości powietrza od czasu dla tonu)
	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: obserwuje rozchodzenie się fali podłużnej w układzie ciężarków i sprężyn oraz oscylogramy dźwięków; opisuje obserwacje, formułuje wnioski
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych dotyczących fal dźwiękowych
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące dźwięków; analizuje oscylogramy, wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi lub stwierdzenia
	rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące dźwięków
17. Fale elektromagnetyczne	wymienia cechy wspólne i różnice w rozchodzeniu się fal mechanicznych i elektromagnetycznych (opisuje światło jako falę elektromagnetyczną)
	omawia związek między elektrycznością i magnetyzmem; wyjaśnia, czym jest fala elektromagnetyczna (omawia nadawanie i odbiór fal radiowych)
	(wymienia rodzaje fal elektromagnetycznych i przykłady ich zastosowania); omawia widmo fal elektromagnetycznych
	wyjaśnia naukowe znaczenie słowa <i>teoria</i> ; posługuje się informacjami na temat roli, jaką odegrał Maxwell w badaniach nad elektrycznością i magnetyzmem
	rozwiązuje (proste) typowe zadania dotyczące fal elektromagnetycznych; wykonuje obliczenia; ustala odpowiedzi
Ruch falowy i zjawiska falowe	
18. Powierzchnie falowe. Odbicie fal	przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu – demonstruje fale koliste i fale płaskie; opisuje i ilustruje na schematycznych rysunkach wyniki obserwacji
	(posługuje się pojęciami: <i>powierzchnia falowa</i> , <i>promień fali</i> ; rozróżnia fale: płaskie, koliste i kuliste; wskazuje ich przykłady w otaczającej rzeczywistości); opisuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych

	opisuje zjawisko odbicia od powierzchni płaskiej i od powierzchni sferycznej (stosuje prawo odbicia do wyjaśniania zjawisk i obliczeń)
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub internetu, dotyczącymi zjawiska odbicia fal (np. lustra weneckie, barwy ciał)
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z opisem fal i zjawiskiem odbicia; ilustruje, ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
19. Rozpraszanie fal	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: demonstruje (rozproszenie fal przy odbiciu od powierzchni nieregularnej) oraz rozpraszanie światła w ośrodku; opisuje (i wyjaśnia) obserwacje, formułuje wnioski
	opisuje zjawisko rozproszenia światła przy odbiciu od powierzchni chropowatej (oraz na niejednorodnościach ośrodka); wskazuje ich przykłady w otaczającej rzeczywistości
	opisuje (i wyjaśnia) przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie, wynikających z rozpraszania światła: błękitny kolor nieba, czerwony kolor zachodzącego słońca
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z rozpraszaniem światła; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
20. Załamani fal	opisuje jakościowo zjawisko załamania światła na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się światła; wskazuje kierunek załamania (^D opisuje zależność między kątami padania i kątami załamania – prawo Snelliusa); podaje przykłady wykorzystania zjawiska załamania światła w praktyce
	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu – demonstruje zjawisko załamania światła na granicy ośrodków; opisuje, ilustruje na schematycznym rysunku i (wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą zjawiska załamania fal; wskazuje, opisuje (i wyjaśnia) przykłady zjawisk związanych z załamaniem światła, np. złudzenia optyczne, fatamorgana (miraże)
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące załamania fal; ilustruje, ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi;
	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu – demonstruje odbicie i załamanie światła; opisuje i ilustruje – na schematycznych rysunkach – wyniki obserwacji, formułuje wnioski

21. Całkowite wewnętrzne odbicie	opisuje zjawiska jednoczesnego odbicia i załamania światła na granicy dwóch ośrodków różniących się prędkością rozchodzenia się światła; opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia; posługuje się pojęciem <i>kąta granicznego</i> (^D zapisuje prawo Snelliusa dla tego kąta)
	opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia, wskazuje jego zastosowania; omawia inne przykłady wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia (np. fal dźwiękowych)
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące odbicia i załamania światła; wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe, przedstawia je w różnych postaciach; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
22. Tęcza i halo	opisuje światło białe jako mieszaninę barw, ilustruje to rozszczepieniem światła za pomocą pryzmatu (opisuje rozszczepienie światła przez kroplę wody; opisuje widmo światła białego jako mieszaninę fal o różnych częstotliwościach)
	opisuje przykłady zjawisk optycznych w przyrodzie i atmosferze powstających dzięki rozszczepieniu światła – tęcza, (druga tęcza), halo
	wykorzystuje informacje pochodzące z analizy materiałów źródłowych lub z internetu dotyczące tęczy i halo do wyjaśniania zjawisk
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z opisem tęczy i halo; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
23. Dyfrakcja	(ilustruje prostoliniowe rozchodzenie się światła w ośrodku jednorodnym); opisuje jakościowo dyfrakcję fali na szczelinie: związek pomiędzy dyfrakcją na szczelinie a szerokością szczeliny i długością fali
	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu – obserwuje zjawisko dyfrakcji fal na wodzie (i dyfrakcji światła); opisuje i ilustruje na schematycznych rysunkach wyniki obserwacji, formułuje wnioski
	podaje warunki, w jakich może zachodzić dyfrakcja fal; wskazuje jej przykłady w otaczającej rzeczywistości (omawia praktyczne znaczenie dyfrakcji światła i dyfrakcji dźwięku)
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z dyfrakcją fal, przeprowadza obliczenia, posługując się kalkulatorem; ilustruje, ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
24. Interferencja fal	podaje zasadę superpozycji fal; stosuje ją do wyjaśniania zjawisk
	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu – obserwuje interferencję fal dźwiękowych i interferencję światła; opisuje, analizuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski
	opisuje (i wyjaśnia) zjawisko interferencji fal oraz przestrzenny obraz interferencji; podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal (opisuje zależność przestrzennego obrazu interferencji od długości fali i odległości między źródłami)
	posługuje się informacjami dotyczącymi historii falowej teorii fal elektromagnetycznych; rozróżnia światło spójne i światło niespójne
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z interferencją fal; ilustruje, ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi

25. Dyfrakcja i interferencja światła w przyrodzie	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu – obserwuje interferencję światła na siatce dyfrakcyjnej; opisuje, analizuje (i wyjaśnia) wyniki obserwacji, formułuje wnioski
	opisuje obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną; analizuje jakościowo zjawisko interferencji wiązek światła odbitych od dwóch powierzchni cienkiej warstwy
	wskazuje (i opisuje) przykłady zjawisk optycznych obserwowanych dzięki dyfrakcji i interferencji światła – w przyrodzie: barwy niektórych organizmów żywych, baniek mydlanych, i w atmosferze: wieniec, iryzacja chmury, widmo Brockenu, gloria; posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z interferencją fal; ilustruje, ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
26. Polaryzacja światła	opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną oraz polaryzację światła wynikającą z poprzecznego charakteru fali i działanie polaryzatora (rozdzieli światło spolaryzowane i światło niespolaryzowane)
	przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisu: obserwuje wygaszanie światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione prostopadle, obserwuje polaryzację przy odbiciu; opisuje, analizuje (i wyjaśnia) obserwacje, formułuje wnioski
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, dotyczącymi polaryzacji światła; wskazuje (i opisuje) przykłady wykorzystania polaryzacji światła, np.: ekrany LCD, niektóre gatunki zwierząt, które widzą światło spolaryzowane, okulary polaryzacyjne
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące polaryzacji światła; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
27. Efekt Dopplera	analizuje efekt Dopplera dla fal na wodzie i dla fali dźwiękowej w przypadku, gdy źródło porusza się wolniej niż fala – gdy zbliża się do obserwatora i gdy oddala się od obserwatora
	podaje przykłady występowania zjawiska Dopplera
	interpretuje wzór opisujący efekt Dopplera; stosuje go do wyjaśniania zjawisk (i obliczeń)
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z efektem Dopplera; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem
28. Podwójna natura światła	opisuje zjawisko fotoelektryczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej, wskazuje, opisuje (i wyjaśnia) przykłady tego zjawiska
	opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; wyjaśnia pojęcie <i>fotonu</i> oraz jego energii; interpretuje wzór na energię fotonu, stosuje go do obliczeń (i wyjaśniania zjawisk)

	<p>posługuje się pojęciami <i>elektronowolta</i> i <i>pracy wyjścia</i> (wykorzystuje pojęcia <i>energii fotonu</i> oraz <i>pracy wyjścia</i> w analizie bilansu energetycznego zjawiska fotoelektrycznego, wyznacza energię kinetyczną wybitego elektronu)</p>
	<p>opisuje zjawisko fotochemiczne jako zjawisko wywoływane tylko przez promieniowanie o częstotliwości równej lub większej od granicznej, wskazuje przykłady jego występowania w otaczającej rzeczywistości</p>
	<p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą zjawisk fotoelektrycznego i fotochemicznego oraz natury światła</p>
	<p>rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące zjawisk fotoelektrycznego i fotochemicznego; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem</p>
29. Promieniowanie termiczne	<p>przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu – obserwuje promieniowanie termiczne (opisuje wynik obserwacji, formułuje wniosek)</p>
	<p>analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury, wskazuje przykłady wykorzystania tej zależności (analizuje zależność mocy promieniowania od jego częstotliwości dla Słońca i włókna żarówki)</p>
	<p>posługuje się pojęciem <i>ciała doskonale czarnego</i>; wskazuje ciała, które w przybliżeniu są jego przykładami i omawia ich promieniowanie</p>
	<p>przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju kwantowej teorii promieniowania – założenie Plancka</p>
	<p>rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące promieniowania termicznego ciał; analizuje przedstawione teksty oraz ilustracje i wyodrębnia z nich informacje kluczowe; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; ustala i uzasadnia odpowiedzi</p>
	<p>rozwiązuje złożone (nietypowe) zadania lub problemy dotyczące promieniowania termicznego ciał; uzasadnia stwierdzenia</p>
30. Mechanizm efektu cieplarnianego	<p>wyjaśnia, na czym polega efekt cieplarniany, opisuje jego powstawanie</p>
	<p>podaje przyczyny efektu cieplarnianego (oraz omawia jego skutki dla przyrody i ludzi)</p>
31. Ograniczanie efektu cieplarnianego	<p>wymienia główne źródła emisji gazów cieplarnianych; porównuje źródła, analizując w jakim stopniu przyczyniają się one do efektu cieplarnianego</p>
	<p>omawia sposoby ograniczania efektu cieplarnianego</p>
	<p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą efektu cieplarnianego</p>

32. Promieniowanie rozgrzanego gazu	przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu – obserwuje i porównuje widma żarówki i świetlówki (opisuje obserwacje)
	posługuje się pojęciem <i>widma</i> ; rozróżnia widma ciągłe i liniowe oraz widma emisyjne i absorpcyjne; opisuje jakościowo pochodzenie widm emisyjnych i absorpcyjnych gazów
	analizuje i porównuje widma emisyjne i widma absorpcyjne tej samej substancji, opisuje je jakościowo
	posługuje się informacjami dotyczącymi wykorzystania analizy promieniowania – widm: poznawanie na tej podstawie budowy gwiazd, stosowanie tej metody we współczesnej kryminalistyce
33. Jak powstaje widmo liniowe	opisuje jakościowo uproszczony model budowy atomu; posługuje się pojęciem <i>orbit dozwolonych</i> ; wskazuje, że energia elektronu w atomie nie może być dowolna, opisuje jakościowo jej zależność od odległości elektronu od jądra
	rozdziela stan podstawowy i stany wzbudzone atomu; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach, co jest połączone z emisją lub absorpcją kwantu światła (wyjaśnia, dlaczego prążki w widmach emisyjnych i absorpcyjnych znajdują się dla danego gazu w tych samych miejscach – przy tych samych częstotliwościach)
	opisuje zjawisko jonizacji jako zjawisko wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej; posługuje się pojęciem <i>energii jonizacji</i>
	przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju mechaniki kwantowej
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące powstawania widm liniowych i zjawiska jonizacji, wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; ilustruje, ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
34. Budowa jądra atomowego	posługuje się pojęciami: <i>pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron</i> do opisu składu materii (opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej)
	informuje, że w niezjonizowanym atomie liczba elektronów poruszających się wokół jądra jest równa liczbie protonów w jądrze; posługuje się pojęciem <i>sił przyciągania jądrowego</i>
	przedstawia wybrane informacje z historii odkryć kluczowych dla rozwoju fizyki jądrowej (omawia doświadczenie Rutherforda)
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z opisem składu jądra atomowego; ilustruje rozwiązania na schematycznych rysunkach jądra wybranych izotopów; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
35. Promieniowanie jądrowe	wyjaśnia, na czym polega promieniotwórczość naturalna; wymienia (i opisuje) wybrane metody wykrywania promieniowania jądrowego
	przeprowadza doświadczenie, korzystając z jego opisu: wykrywa – obserwuje promieniotwórczość różnych substancji (opisuje obserwacje, formułuje wniosek; wskazuje przykłady substancji emitujących promieniowanie jądrowe w otaczającej rzeczywistości)

	wymienia właściwości promieniowania jądrowego; rozróżnia promieniowanie: alfa (α), beta (β) i gamma (γ)
	wymienia (i opisuje) przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości w technice i medycynie; przedstawia wybrane informacje z historii badań promieniotwórczości naturalnej
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z właściwościami promieniowania jądrowego; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
36. Wpływ promieniowania na materię i organizmy	odróżnia promieniowanie jonizujące od promieniowania niejonizującego; ukazuje (i opisuje) wpływ promieniowania jonizującego na materię i organizmy żywe
	podaje (i opisuje) przykłady wykorzystywania promieniowania jądrowego w medycynie
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub z internetu, które dotyczą skutków i zastosowań promieniowania jądrowego
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące wpływu promieniowania jonizującego na materię i organizmy żywe; ustala i/lub uzasadnia odpowiedzi
37. Reakcje jądrowe	posługuje się pojęciami <i>jądra stabilnego</i> i <i>jądra niestabilnego</i> (odróżnia reakcje chemiczne od reakcji jądrowych); opisuje powstawanie promieniowania gamma
	opisuje rozpady alfa (α) i beta (β); zapisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą występowania (np. radonu) oraz wykorzystywania izotopów promieniotwórczych (np. helu)
	rozwiązuje (proste) typowe zadania dotyczące reakcji jądrowych; ustala odpowiedzi; wykonuje obliczenia
38. Czas połowicznego rozpadu	opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem <i>czasu połowicznego rozpadu</i> , wskazuje przykłady zastosowania prawa połowicznego rozpadu
	opisuje zależność liczby jąder lub masy izotopu promieniotwórczego od czasu, szkicuje wykres tej zależności (wykorzystuje do obliczeń wykres zależności liczby jąder izotopu promieniotwórczego od czasu)
	^D opisuje zasadę datowania substancji – skał, zabytków, szczątków organicznych – na podstawie zawartości izotopów promieniotwórczych i stosuje ją do obliczeń

	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z czasem połowicznego rozpadu; wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe; wykonuje obliczenia szacunkowe
39. Energia jądrowa	opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu ^{235}U zachodzącą w wyniku pochłonięcia przez nie neutronu, uzupełnia zapis takiej reakcji; podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej; podaje, co to jest masa krytyczna
	(wskazuje przykłady wykorzystania reakcji rozszczepienia); opisuje zasadę działania elektrowni jądrowej oraz wymienia korzyści i niebezpieczeństwa płynące z energetyki jądrowej
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą energii jądrowej (omawia budowę reaktora jądrowego)
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy związane z energią jądrową; ustala odpowiedzi; wykonuje obliczenia; uzupełnia zapisy reakcji jądrowych
40. Energia syntezy termojądrowej	opisuje reakcję termojądrową przemiany wodoru w hel – reakcję syntezy termojądrowej zachodzącą w gwiazdach (podaje warunki, w jakich ta reakcja może zachodzić); zapisuje i omawia reakcję termojądrową na przykładzie syntezy jąder trytu i deuteru
	wskazuje ograniczenia i perspektywy wykorzystania energii termojądrowej (wyjaśnia, dlaczego żelazo jest pierwiastkiem granicznym – w jego przypadku nie można uzyskać energii jądrowej)
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych dotyczących reakcji jądrowych
41. Masa i energia	stwierdza, że ciało emitujące energię traci masę; interpretuje i stosuje do obliczeń wzór wyrażający równoważność energii i masy: $E = m \cdot c^2$
	posługuje się pojęciem <i>energii spoczynkowej</i> ; ^D opisuje jakościowo anihilację par cząstka-antycząstka na przykładzie anihilacji pary elektron-pozyton; posługuje się (przedstawionymi) lub samodzielnie wyszukanyymi informacjami dotyczącymi równoważności masy i energii
	rozwiązuje (proste) typowe zadania lub problemy dotyczące równoważności energii i masy; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem, analizuje otrzymany wynik
42. Deficyt masy	posługuje się pojęciami <i>energii wiązania</i> i <i>deficytu masy</i> ; oblicza te wielkości dla dowolnego izotopu
	stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych (oblicza energię wyzwoloną podczas reakcji jądrowych przez porównanie mas substratów i produktów reakcji)

	rozwiązuje (proste) typowe zadania związane z obliczaniem energii wiązania i deficytu masy; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem, analizuje otrzymany wynik
43. Życie Słońca	wskazuje reakcje termojądrowe przemiany wodoru w hel jako źródło energii Słońca oraz podaje warunki ich zachodzenia (opisuje, jak Słońce będzie produkować energię, gdy wodór się skończy – reakcję przemiany helu w węgiel)
	podaje przybliżony wiek Słońca; opisuje elementy ewolucji Słońca (czerwony olbrzym, mgławica planetarna, biały karzeł)
44. Życie gwiazd – kosmiczna menażeria	(wskazuje początkową masę gwiazdy jako czynnik warunkujący jej ewolucję); opisuje elementy ewolucji gwiazd: najlżejszych, o masie podobnej do masy Słońca, oraz gwiazd masywniejszych od Słońca; omawia supernowe i czarne dziury
	posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych (lub samodzielnie wyszukanych) materiałów źródłowych lub z internetu, które dotyczą ewolucji gwiazd
45. Wszechświat	opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata (podaje przybliżony wiek Wszechświata), opisuje jakościowo rozszerzanie się Wszechświata – ucieczkę galaktyk
	wymienia najważniejsze metody badania kosmosu (posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych lub internetu, które dotyczą historii badań dziejów Wszechświata)
	opisuje powstawanie pierwiastków we Wszechświecie oraz ewolucję i dalszy losy Wszechświata